

## LUMINAIRE ET MODE OPÉRATOIRE POUR UN LUMINAIRE

La présente invention concerne de façon générale les luminaires pour tubes fluorescents et plus particulièrement un nouveau mode opératoire des tubes fluorescents dans un luminaire.

Un tube fluorescent est un tube à décharge en verre dont la paroi interne est recouverte d'un revêtement fluorescent qui réagit en émettant une lumière visible lorsqu'il est excité par des rayons ultraviolets générés dans le gaz remplissant le tube. Ce gaz contient de la vapeur de mercure à très basse pression.

La figure 1 en annexe décrit le principe de construction et de fonctionnement d'un luminaire pour simple tube fluorescent. Pour exciter les atomes de mercure et provoquer l'émission de rayons ultraviolets, on utilise un courant d'électrons entre les électrodes situées à chaque extrémité du tube. Ces électrodes sont des cathodes de préchauffage qui doivent être portées à incandescence. La tension alternative du secteur est utilisée et un "ballast" constitué d'une bobine de forte inductance est inclus dans le circuit afin de limiter le courant.

L'amorçage de la conduction entre les électrodes du tube nécessite un dispositif spécial appelé "starter" implanté en parallèle avec le tube fluorescent afin de relier les électrodes de préchauffage (bas de la figure 1). Le starter peut être une lampe à filament comportant un contact bilames réagissant à la température, ouvert au repos. Lorsque le courant traverse le circuit lors de la mise sous tension, le filament du starter s'allume et la lampe s'échauffe en même temps que les électrodes du tube sont portées à incandescence. Lorsque la température est suffisante, le contact bilames se ferme, court-circuitant ainsi le filament du starter qui se refroidit très rapidement et provoque alors la réouverture du bilames. Le

courant traversant le circuit est alors brusquement interrompu ce qui induit une élévation importante de la tension à la sortie de la bobine par effet de self-induction et provoque la conduction du gaz à vapeur de mercure entre les électrodes du tube fluorescent, préchauffé par l'incandescence des cathodes. Le starter est dès lors inactif puisqu'il est court-circuité par la conduction du tube lui-même. Aucun courant ne peut le traverser à nouveau tant que le tube reste conducteur. Les filaments des cathodes restent portés à incandescence car elles sont construites de sorte que le courant traversant le tube traverse également la majeure partie de chacune. Les filaments sont également heurtés par les ions mercure incidents qui contribuent ainsi au maintien de la fonction de préchauffage des cathodes.

Lorsque la conduction est amorcée et que le courant se stabilise, la résistance du tube devient très faible. La bobine "ballast" a pour fonction de limiter le courant par sa valeur d'impédance. Ce genre de dispositif est qualifié de "magnéto-inductif".

On note toutefois une évolution concernant les ballasts qui peut être grandement évoluée par rapport au type simple qui vient d'être décrit et qui est représenté sur la figure 1.

Généralement, un ballast est une impédance série qui stabilise le courant dans le tube fluorescent. Habituellement, on utilise donc comme cela a été mentionné, des inducteurs comme ballast pour les tubes fluorescents, car ils fonctionnent alors comme réactances avec faible perte, couplés en série avec le tube. Certains ballasts magnétiques procurent également d'autres fonctions qu'une impédance série pour le tube, comme par exemple une fonction transformateur pour donner une tension accrue.

Par souci d'économiser l'énergie, d'autres types de

ballast ont été peu à peu développés, sur la base de solutions électroniques utilisant des composants semi-conducteurs. En recourant à ces ballasts plus complexes, il a également été possible d'exploiter d'autres

5 fréquences que la fréquence du secteur 50/60 Hz. Des fréquences aux alentours de 25 kHz ont été utilisées. Des exemples de ballasts électroniques sont disponibles dans WO 00/21342 publié en avril 2000, WO 99/05889 publié en février 1999, WO 97/33454 publié en septembre 1997, WO

10 99/60825 publié en novembre 1999, WO 98/34438 publié en août 1998, et EP-O-955794-A2 publié en novembre 1999. Les différentes solutions portent principalement sur l'économie de courant et l'allongement de la durée de vie des tubes fluorescents, par l'optimisation de différents

15 paramètres comme la forme de l'onde, les amplitudes de tension, etc.

Le brevet américain n° 6.262.542 décrit un système de ballast électronique dans lequel est utilisé, le courant à travers le tube étant régulé, un signal carré avec un

20 facteur de marche variable, c'est-à-dire un temps mort variable. Mais ce qu'il est intéressant de remarquer n'est pas le courant traversant la lampe, mais un signal de commande dans les circuits qui régule le fonctionnement de la lampe. On peut remarquer aussi que le couplage présenté

25 dans US 6.262.542 est tel que du courant passera toujours à travers les filaments des cathodes.

Le brevet américain n° 4.902.939 décrit un circuit de transmission électronique qui a pour but d'éviter le tremblement des tubes fluorescents à l'allumage et à

30 l'arrêt entre une intensité lumineuse maximale et minimale. Le but n'est donc pas d'augmenter le rendement des tubes fluorescents. Il existe une grande différence par rapport à la présente invention, dans le fait que la tension réelle de fonctionnement des tubes est une tension

35 sinusoïdale dérivée directement de la tension du secteur.

Même si certains ballasts électroniques connus auparavant prétendent procurer des économies d'énergie par le mode opératoire des tubes fluorescents ou augmenter la durée de vie du tube, il reste encore beaucoup de  
5 recherches à faire dans ce domaine. La présente invention propose un mode opératoire pour tubes fluorescents radicalement nouveau, et est en mesure de réduire la consommation d'énergie de l'ordre de 40 à 50 % par rapport aux ballasts magnéto-inductifs traditionnels qui sont  
10 utilisés dans la plupart des luminaires.

En outre, la durée de vie des tubes fluorescents est allongée d'un facteur allant jusqu'à 3, et la lumière émise par les tubes ne tremble pas et n'a pas d'effet stroboscopique.

15 Les avantages mentionnés ci-dessus sont obtenus, conformément à la présente invention, au moyen d'un mode opératoire de luminaire pour tubes fluorescents, ledit luminaire pouvant recevoir un certain nombre de tubes fluorescents standards avec un gaz à vapeur de mercure et  
20 des électrodes de préchauffage aux deux extrémités, et qui comprend un châssis sur lequel sont montés des supports comportant des dispositifs de commutation/fixation pour les tubes fluorescents, ainsi qu'un ballast pour la régulation du fonctionnement des tubes fluorescents. Ce  
25 mode opératoire se distingue par le fait que le ballast produit un effet sur les tubes fluorescents en utilisant une tension d'excitation entre les électrodes qui se compose uniquement d'impulsions courtes non périodiques avec des intervalles sans tension de durée variable.

30 Dans une forme de réalisation préférentielle, le ballast produit des impulsions de tension de nature parfaitement alternative. Par ailleurs, le ballast peut commander la réponse temporelle de l'excursion de tension et les intervalles au moyen d'algorithmes programmés.  
35 C'est aussi un avantage si le ballast commande chaque

durée d'intervalle sans tension conformément à un échantillonnage en temps réel du courant qui traverse le gaz dans les tubes fluorescents. Des couplages spéciaux des supports des tubes fluorescents sont activés par le ballast pour court-circuiter les filaments des électrodes des tubes fluorescents en temps utile pour éviter le courant à travers eux, grâce à quoi les pertes de tension sur les filaments sont évitées. La conduction à travers le gaz des tubes fluorescents peut être avantageusement déclenchée par la connexion temporaire d'un condensateur permettant d'augmenter la tension entre les électrodes dans chaque tube fluorescent, et le condensateur se déconnecte dès que la conduction est produite. Dans ce cas, il est profitable que le ballast transforme le courant traversant le gaz dès que la conduction est atteinte, de telle manière que le courant traversant le condensateur est réduit au minimum avant que le condensateur se déconnecte.

Le ballast peut, de préférence, communiquer avec une centrale d'exploitation externe via une liaison en ligne dédiée ou éventuellement via une liaison sans fil, pour l'enregistrement des performances et la télésurveillance des pannes.

L'invention comprend également, sous un autre aspect, un luminaire pouvant recevoir un certain nombre de tubes fluorescents standards avec un gaz à vapeur de mercure et des électrodes de préchauffage aux deux extrémités, et qui comprend un châssis sur lequel sont montés des supports comportant des dispositifs de commutation/fixation pour les tubes fluorescents, ainsi qu'un ballast pour la régulation du fonctionnement des tubes fluorescents.

Le luminaire d'après l'invention se distingue par le fait que le ballast inclut des circuits de conversion pour la génération de la tension d'excitation entre les électrodes des tubes fluorescents sous la forme

d'impulsions courtes non périodiques comportant des intervalles sans tension de durée variable. Dans une forme de réalisation particulièrement préférentielle de l'invention, le ballast peut être avantageusement adapté pour produire des impulsions de tension alternative. En outre, le ballast est adapté pour commander la réponse temporelle de l'excursion de tension et les intervalles au moyen d'algorithmes programmés. Dans une forme de réalisation encore plus préférentielle, le ballast est adapté pour commander chaque durée d'intervalle sans tension conformément à un échantillonnage en temps réel du courant qui traverse le gaz dans les tubes fluorescents. Les supports des tubes fluorescents comprennent des couplages spéciaux pouvant être activés par le ballast pour court-circuiter les filaments des électrodes des tubes fluorescents afin d'éviter ainsi le courant à travers eux. Un condensateur qui peut être connecté pour augmenter la tension entre les électrodes dans chaque tube fluorescent permettant de déclencher la conduction à travers le gaz, ce condensateur pouvant se déconnecter dès que la conduction est atteinte. Dans ce cas, le ballast peut être adapté encore pour modifier le courant émis dès que la conduction est produite, de telle manière que le courant traversant le condensateur est réduit au minimum avant que le condensateur se déconnecte.

Il est particulièrement judicieux quand de nombreux luminaires se trouvent rassemblés en un endroit que le ballast ait une liaison en ligne pour communiquer avec une centrale d'exploitation externe ou éventuellement une liaison sans fil, pour l'enregistrement dans la centrale d'exploitation de la performance produite et la télésurveillance des pannes.

Dans une forme de réalisation, le ballast comprend deux parties, la première étant un ballast standard pour fonctionner avec une tension de secteur normale, et la

deuxième étant une pièce montée spécialement pour la transformation, pour fonctionner avec les impulsions courtes non périodiques tel que décrites dans le descriptif de la présente invention.

5 L'invention est présentée aussi sous la forme d'un troisième aspect, à savoir comme un signal de tension d'alimentation pour les tubes fluorescents en état de fonctionnement normal, lequel signal étant formé par impulsion et se caractérise par le fait qu'il comprend des  
10 impulsions courtes non périodiques avec des intervalles de latence de durée variable. De préférence, les impulsions du signal sont de nature alternative c'est à dire que le signal comprend des amplitudes égales dans le sens positif et négatif.

15 L'invention va être développée plus en détail dans ce qui suit, au moyen d'exemples de formes de réalisation, et il sera fait référence aux schémas en annexe, où:

- la figure 1 représente un schéma traditionnel simplifié d'un tube fluorescent avec un ballast magnéto-inductif  
20 et un starter,
- la figure 2 représente une comparaison entre un ballast magnéto-inductif conventionnel et le nouveau ballast d'après la présente invention,
- la figure 3 montre schématiquement comment le nouveau  
25 ballast d'après la présente invention est installé dans un luminaire existant,
- la figure 4 montre schématiquement comment un système de luminaires fait l'objet d'une télésurveillance.

30 La figure 1 en annexe dont nous parlerons pour commencer représente la forme la plus simple d'un ballast de type magnéto-inductif en série avec un tube fluorescent, dans lequel une tension secteur avec une fréquence de 50 ou 60 Hz alimente le tube. Avec  
35 éventuellement certaines évolutions mineures, ce sont des

ballasts de ce type qui sont utilisés dans la majorité des luminaires aujourd'hui. Bien que l'on cherche à commercialiser de nouveaux ballasts électroniques depuis un certain temps, les luminaires équipés de ces ballasts induisent des coûts plus élevés qui handicapent une large diffusion de ces nouvelles technologies.

La présente invention caractérise un ballast électronique d'un genre nouveau qui se distingue des ballasts électroniques connus jusqu'au présent par le fait qu'il est destiné à remplacer dans les luminaires existants le ballast magnétique conventionnel par le nouveau ballast objet de l'invention sans que l'ancien ballast magnétique ne soit retiré du luminaire lorsque le nouveau est installé.

La figure 2 représente schématiquement l'action du nouveau ballast objet de l'invention. Le fonctionnement d'un tube fluorescent doté d'un ballast magnétique conventionnel est illustré dans la partie supérieure de la figure 2. Il montre que l'excitation d'un atome de mercure par la collision d'un électron transitant entre les électrodes de préchauffage se produit aléatoirement et relativement rarement, cf. la seule collision représentée et qui induit l'émission de lumière.

Par opposition, le bas de la figure 2 représente l'action du nouveau ballast qui produit à une tension de fonctionnement d'une toute autre nature. Cette dernière provoque un plus grand nombre de collisions et par conséquent excite plus d'atomes de mercure. Ce phénomène est illustré sur la figure par trois collisions qui conduisent à une émission de rayonnement ultraviolet plus élevée. Le rendement passe du niveau typique de 65 lumens par unité de puissance appliquée (watt) pour le ballast magnétique conventionnel au niveau typique de 120 lumens/W en utilisant le nouveau ballast.

Le point essentiel concernant l'impact du nouveau

ballast sur le rendement est que la tension d'excitation qui est appliquée sur un tube fluorescent, c'est-à-dire d'électrode à électrode, est une tension alternative à haute fréquence qui comprend des impulsions de tension  
5 courtes non périodiques avec des intervalles sans tension de durée variable. Ce signal de tension spécial est géré pour être fermé (durée sans tension) d'une façon asservie à l'échantillonnage de la valeur du courant traversant le tube. L'intensité du courant dépend d'un état de résonance  
10 dans le plasma gazeux car, en présence d'une telle résonance, le nombre de collisions entre électrons et atomes de mercure augmente. En utilisant ce phénomène de résonance, la puissance consommée peut être considérablement réduite. La tension à haute fréquence est utilisée de  
15 sorte à être juste suffisante pour maintenir l'état de résonance, et la tension est coupée tant que le phénomène de résonance maintient l'émission de lumière. La mesure de l'intensité du courant traduit instantanément l'état de résonance et le microprocesseur du ballast réagit  
20 simultanément pour réguler la tension.

Les impulsions de tension sont de préférence d'une nature totalement alternative, c'est-à-dire que l'on utilise une tension avec des amplitudes égales dans le sens positif et négatif, mais il s'agit, comme cela a été  
25 dit, d'impulsions non périodiques. La totalité de la réponse temporelle de ce signal est commandée au moyen d'algorithmes programmés, implantés dans microprocesseur du ballast.

Les algorithmes de commande se réfèrent de préférence  
30 à la mesure du courant traversant le plasma du tube, et régule en particulier la durée de chaque intervalle sans tension entre les impulsions en fonction de la valeur de l'intensité acquise. Le courant est échantillonné en permanence et en temps réel.

35 Comme il ressort de la figure 3, un luminaire

existant est équipé d'un kit de composants de remplacement, qui sont spécialement conçus pour s'adapter au luminaire. Ce nouveau kit comprend en plus du ballast électronique proprement dit, de nouveaux supports de tubes  
5 qui sont insérés à la place des supports d'origine. On laisse les anciens composants, c'est-à-dire le ballast magnétique et le starter en place et le nouveau ballast est raccordé simplement au secteur au moyen de raccords rapides.

10 Les nouveaux supports incluent de préférence des raccords spéciaux qui peuvent être activés par le nouveau ballast pour court-circuiter les filaments des électrodes dans les tubes afin d'éviter que le courant ne les traverse. Des pertes de tension sur les filaments sont  
15 ainsi évitées.

Pour amorcer la conduction dans le tube fluorescent, un condensateur est connecté brièvement pour augmenter la tension entre les électrodes du tube. Dès que la conduction est produite à travers la vapeur de mercure, le  
20 condensateur est déconnecté. Le ballast modifie le courant à travers la vapeur de mercure une fois la conduction réalisée, de telle manière que le courant traversant le condensateur est réduit à un niveau faible avant la déconnexion du condensateur.

25 Le nouveau mode opératoire d'un tube fluorescent décrit se fonde sur un principe visant à augmenter le nombre de collisions entre les électrons et les atomes de mercure lors de l'excitation moléculaire dans un plasma où le nouveau signal de tension améliore le rendement  
30 énergétique de production de la lumière. Le signal alternatif à haute fréquence utilisé, qui comporte des temps morts commandés avec précision, contribue à ce qu'il ne soit pas utilisé plus d'énergie que nécessaire.

Le processus est optimisé par le monitoring constant  
35 du courant traversant le tube, et la régulation des temps

morts, conformément aux fonctions programmées qui surveillent les conditions et paramètres physiques qui couplent les variations de tensions et le taux de collisions obtenus entre électrons et atomes de mercure.

5           La programmation est incluse dans un dispositif électronique placé dans le nouveau ballast qui est monté dans les luminaires. Ce dispositif électronique se présente sous la forme d'un composant électronique "macrochip" qui comprend toutes les fonctions de contrôle  
10 et de commande du processus. Le dispositif électronique est constitué d'un contrôleur représentant l'unité centralé du système qui intègre le logiciel dans un composant sécurisé et non-copiable contenant également des fonctions codées qui ne le rendent accessible que dans des  
15 conditions précises, afin d'éviter tout accès indésirable aux programmes.

Il est à noter que les fréquences ou les variations de tension en fonction du temps se situent dans une plage bien plus élevée que la fréquence du secteur. Il faut  
20 souligner par ailleurs que les variations de tension utilisées sont non sinusoïdales et non périodiques. La tension comprend des temps morts pendant lesquels aucun courant n'est émis au travers du tube. En raison de ce mode de fonctionnement particulier, il n'est pas  
25 nécessaire que le courant traverse les électrodes, c'est-à-dire d'une extrémité à l'autre de leur filament, pour maintenir le courant à travers la vapeur du tube.

Le mode opératoire d'après l'invention fonctionne comme cela a été dit du fait de l'apparition d'un  
30 phénomène de résonance qui augmente le nombre de collisions entre les électrons qui sont générés par les cathodes et les atomes de mercure du gaz se trouvant dans le tube, réduit la température de fonctionnement. Le ballast électronique garantit en outre un fonctionnement  
35 optimal du fait qu'un préchauffage commandé est appliqué

aux cathodes, ainsi qu'un mode d'excitation particulier qui favorise l'amorçage de la conduction à travers la vapeur quelle que soit la température dans le tube. Le régime d'exploitation nominal est ainsi atteint

5 progressivement, à mesure que le phénomène de résonance maintenu par le procédé se stabilise. Pendant cette phase de transformation progressive qui nécessite quelques minutes, le courant traversant le tube augmente, ainsi que l'émission de lumière, par étapes successives. À la fin de

10 cette phase, le phénomène de résonance est stable en fonction des conditions d'environnement présentes. Le courant consommé décroît progressivement et plafonne à une valeur moyenne au bout de 15 minutes environ.

Grâce à l'utilisation du mode opératoire d'après

15 l'invention, la température des électrodes peut être baissée de plus de 40° C, ce qui a une incidence significative sur la durée de vie du tube.

La figure 4 montre comment un plus grand nombre de luminaires intégrant chacun le nouveau ballast est

20 connecté via un bus de communication spécial à une centrale d'exploitation. Celle-ci peut se trouver sur place ou éloignée, comme le montre la figure 4. Dans le cas représenté, une liaison sans fil sous forme de messages SMS, à l'aide de la téléphonie GSM, est utilisée.

25 Dans ce type de centrale, la performance du système d'éclairage d'un site peut être enregistrée et le fonctionnement télésurveillé en permanence dans l'éventualité d'une panne. Ceci permet de fournir aux utilisateurs des statistiques et des comptes rendus

30 d'exploitation précis établissant entre autre la consommation d'énergie tout en offrant la possibilité d'intervenir plus rapidement lorsqu'une maintenance est nécessaire.